

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

05.07.2004

。別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 7月 4日

出願番号
Application Number: 特願2003-271157
[ST. 10/C]: [JP2003-271157]

出願人
Applicant(s): 日本電信電話株式会社

19 AUG 2004

WIPO

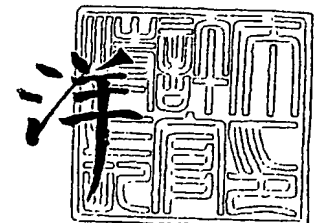
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTH155657
【提出日】 平成15年 7月 4日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01S 3/10
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 増田 浩次
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 川上 広人
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 宮本 裕
【特許出願人】
 【識別番号】 000004226
 【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100064908
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 志賀 正武
【選任した代理人】
 【識別番号】 100108453
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 村山 靖彦
【選任した代理人】
 【識別番号】 100118913
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 上田 邦生
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 008707
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0104910

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を送る複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力された信号光に前記励起光を合波する合波器とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、

前記伝送ファイバ中を信号光と同じ方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、

前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、

前記分波器を通過した信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、

前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバの両端に加える第1、第2の合波手段と、

を具備することを特徴とする光ファイバ通信システム。

【請求項 2】

信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を送る複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光と前記励起光を合波し、前記励起光を信号光と逆方向に出力する合波器とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、

前記伝送ファイバ中を信号光と逆方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、

前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、

前記信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、

前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバの両端に加える第1、第2の合波手段と、

を具備することを特徴とする光ファイバ通信システム。

【請求項 3】

信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を送る複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力された信号光に前記励起光を合波する合波器とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、

前記信号光および励起光が入力されるサーキュレータと、

前記サーキュレータを通過した信号光および励起光が入力される第1のエルビウム添加ファイバと、

前記第1のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、

前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第1のエルビウム添加ファイバおよび前記サーキュレータを通して次段へ出力されることを特徴とする光ファイバ通信システム。

【請求項 4】

前記サーキュレータの前段に第2のエルビウム添加ファイバを設けたこと特徴とする請求項3に記載の光ファイバ通信システム。

【請求項 5】

信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を送る複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光と前記励起光を合波し、前記励起光を信号光と逆方向に出力する合波器とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、

前記信号光入力されるサーキュレータと、

前記励起光を信号光から分波する分波器と、

前記分波器によって分波された励起光を前記サーキュレータから出力された信号光に合波する合波器と、

前記合波器から出力された信号光および励起光が入力される第 1 のエルビウム添加ファイバと、

前記第 1 のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、

前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第 1 のエルビウム添加ファイバおよび前記サーキュレータを通して次段へ出力されることを特徴とする光ファイバ通信システム。

【請求項 6】

前記サーキュレータの前段に第 2 のエルビウム添加ファイバを設け、前記合波器を前記第 2 のエルビウム添加ファイバの前段に設けたことを特徴とする請求項 5 に記載の光ファイバ通信システム。

【書類名】明細書

【発明の名称】光ファイバ通信システム

【技術分野】

【0001】

この発明は、光信号の伝送路である敷設光ファイバ中に、線形中継器または端局装置から離して設置した無給電の遠隔励起モジュールによって光信号を増幅する光ファイバ通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

波長多重の光ファイバ通信システムで用いられる従来技術の遠隔励起システムの構成例を図8に示す（非特許文献1、2参照）。本遠隔励起システムでは、送信器1内の送信回路2から信号光を送出し、その信号光は、3つの伝送ファイバ5～7を経由して受信器10内の受信回路11で受信される。伝送ファイバ5と伝送ファイバ6、および、伝送ファイバ6と伝送ファイバ7の間には、エルビウム添加ファイバ（EDF）13F、13Rが設置されている。送信器1および受信器2内には、遠隔励起用の励起光源3および13が設置され、その励起光源3、13からの励起光と信号光は、合波器4および14を用いて合波される。送信器1、受信器10、および励起光源3、13は、電源に接続され給電されている。送信器1および受信器10に隣接した励起光源3、13を、それぞれ前段励起光源および後段励起光源と呼ぶ。また、それらの励起光源3、13からの励起光をそれぞれ前方励起光および後方励起光と呼ぶ。前方励起光は伝送ファイバ5を通過後、EDF・13Fを励起し、また、後方励起光は伝送ファイバ7を通過後、EDF・13Rを励起する。

【0003】

前記励起光の波長は、EDFの励起に適した、 $1.48\mu\text{m}$ 近傍の光である。送信器1を出た信号光は、伝送ファイバ5で減衰した後、EDF・13Fで増幅され、さらに、伝送ファイバ6で減衰した後、EDF・13Rで増幅され、伝送ファイバ7を通過後、受信器10に達する。したがって、伝送ファイバ5、伝送ファイバ6、伝送ファイバ7を合わせた距離を、途中で給電することなく無中継で伝送することができる。遠隔励起されたEDF・13F、13Rを用いない中継系に比べ、無中継距離すなわち中継間隔が大幅に伸長される点が、本遠隔励起の利点である。ただし、前方励起光源3とEDF・13F、または後方励起光源13とEDF・13Rのいずれか一方のみを用いた構成を採用することもある。また、一般に、励起光が伝搬する伝送ファイバ中では、信号光のラマン増幅が行われるため、ある程度の分布的な利得（ラマン利得）が付加される。

【非特許文献1】K. Aida et al., Proc. of ECOC, PDA-7, pp. 29-32, 1989

【非特許文献2】N. Ohkawa et al., IEICE Trans. Commun., Vol. E81-B, pp. 586-596, 1998

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

図8の従来技術の遠隔励起システムでは、信号光の利得波長域はEDFAのC帯（1530-1560nm）に設定されているため、EDF・13FおよびEDF・13Rに達した励起光は、EDF・13FおよびEDF・13Rの励起光入力端から反対側の励起光出力端に突き抜け、EDF・13FおよびEDF・13Rを全ファイバ長に渡って励起する。

ところが、信号光の利得波長域をEDFAのL帯（1570-1600nm）に設定した場合には、EDF・13FおよびEDF・13Rに達した励起光は、EDF・13FおよびEDF・13Rの励起光入力端付近を励起するのみで、反対側の励起光出力端にはほとんど突き抜けことが分かった。そのため、EDF・13FおよびEDF・13Rの励起効率の低減および雑音指数の増大が生じるという欠点がある。ちなみに、このL帯はC帯と同様に、重要な信号光利得波長域である。

本発明は上記事情を考慮してなされたもので、その目的は、励起効率の向上および雑音

指数の低減を図った光ファイバ通信システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

この発明は上記の課題を解決するためになされたもので、請求項1に記載の発明は、信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力された信号光に前記励起光を合波する合波器とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記伝送ファイバ中を信号光と同じ方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、前記分波器を通過した信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバ通信システムである。

【0006】

請求項2に記載の発明は、信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光と前記励起光を合波し、前記励起光を信号光と逆方向に出力する合波器とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記伝送ファイバ中を信号光と逆方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、前記信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバの両端に加える第1、第2の合波手段とを具備することを特徴とする光ファイバ通信システムである。

【0007】

請求項3に記載の発明は、信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力された信号光に前記励起光を合波する合波器とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記信号光および励起光が入力されるサーキュレータと、前記サーキュレータを通過した信号光および励起光が入力される第1のエルビウム添加ファイバと、前記第1のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第1のエルビウム添加ファイバおよび前記サーキュレータを通して次段へ出力されることを特徴とする光ファイバ通信システムである。

【0008】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の光ファイバ通信システムにおいて、前記サーキュレータの前段に第2のエルビウム添加ファイバを設けたこと特徴とする。

【0009】

請求項5に記載の発明は、信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段と、励起光を出力する励起光源と、前記信号光と前記励起光を合波し、前記励起光を信号光と逆方向に出力する合波器とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記信号光入力されるサーキュレータと、前記励起光を信号光から分波する分波器と、前記

分波器によって分波された励起光を前記サーキュレータから出力された信号光に合波する合波器と、前記合波器から出力された信号光および励起光が入力される第1のエルビウム添加ファイバと、前記第1のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第1のエルビウム添加ファイバおよび前記サーキュレータを通して次段へ出力されることを特徴とする光ファイバ通信システムである。

【0010】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の光ファイバ通信システムにおいて、前記サーキュレータの前段に第2のエルビウム添加ファイバを設け、前記合波器を前記第2のエルビウム添加ファイバの前段に設けたこと特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

この発明によれば、エルビウム添加ファイバの両端から励起光を入射するようにしたので、従来のものに比較し、遠隔励起モジュールの励起効率を向上させることができると共に、雑音指数を低減させることができる効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照し、この発明の実施の形態について説明する。図1はこの発明の第1の実施形態による光ファイバ通信システムの構成を示すブロック図である。この図において、18は線形中継器であり、励起光を発生する励起光源19と、励起光と信号光を合波して出力する合波器20と、マルチパス干渉雑音低減のために設けたアイソレータ21とから構成されている。この線形中継器18から出射された信号光は、伝送ファイバ22～24を通過して下流の線形中継器25に達する。また、伝送ファイバ22と23の間に遠隔励起モジュール27Fが、伝送ファイバ23と24の間に遠隔励起モジュール27Rが各々設置されている。線形中継器25は励起光を発生する励起光源29と、励起光と信号光を合波する合波器30と、アイソレータ31とから構成されている。

【0013】

通常の線形中継システムでは、線形中継器内に光増幅器が設置されるが、本実施形態では、線形中継器内に光増幅器を設置していない。すなわち、遠隔励起モジュール27F、27Rの利得、また、伝送ファイバ22と24内での分布ラマン利得の和が十分大きく、伝送ファイバ22～24の損失和を補っている。なお、線形中継器21を送信器、線形中継器25を受信器としてもよい。

【0014】

図2は遠隔励起モジュール27Fの構成を示す図である。この遠隔励起モジュール27Fにおいては、信号光と同じ方向に共伝播した励起光を、分波器34で信号光と分波し、その分波した励起光を、分岐ファイバカプラ(FC)35で所望の分岐比で分岐する。ここでは、その分岐比を1対2としている。分岐ファイバカプラ35により分岐された、33%の励起光は分岐ファイバカプラ35に隣接した合波器36で信号光と合波され、EDF・37に前方向から入射される。一方、分岐ファイバカプラ35で分岐された67%の励起光は、分岐ファイバカプラ35に隣接した可変減衰器(ATT)38で適宜減衰され、その可変減衰器38に隣接したサーキュレータ(CIR)39により、EDF・37の後方向からEDF・37に入射される。

【0015】

図3は遠隔励起モジュール27Rの構成を示す図である。この遠隔励起モジュール27Rにおいては、信号光と逆方向からモジュールに達した励起光を、分波器41で信号光と分波し、その分波した励起光を、分岐ファイバカプラ42で所望の分岐比で分岐する。ここでは、その分岐比を1対2としている。分岐ファイバカプラ42により分岐された、67%の励起光は分岐ファイバカプラ42に隣接した合波器43で信号光と合波され、EDF・45に前方向から入射される。一方、分岐ファイバカプラ42で分岐された33%の励起光は、分岐ファイバカプラ42に隣接した可変減衰器46で適宜減衰され、可変減衰

器 46 に隣接したサーキュレータ 47 により、EDF・45 の後方向から入射される。

上記の遠隔励起モジュール 27F、27R の構成によれば、EDF・37、45 が所望の分配比で双方向から励起されるため、従来技術に比べ、EDF・37、45 の励起効率が高くなり、雑音指数も低くなるという効果が得られる。

【0016】

次に、この発明の第 2 の実施形態について説明する。

この第 2 の実施形態のシステム構成は図 1 と同じであり、遠隔励起モジュール 27F、27R の構成が異なっている。図 4 は図 1 における伝送ファイバ 22、23 間に挿入される遠隔励起モジュール 50F の構成を示す図、図 5 は伝送ファイバ 23、24 間に挿入される遠隔励起モジュール 50R の構成を示す図である。

【0017】

図 4 に示す遠隔励起モジュール 50F において、信号光および励起光は、サーキュレータ 51 の第 1 および第 2 のポートを経て、EDF・52 に入射し、EDF・52 を通過後、ミラー 53 で反射され、再び EDF・52 を先ほどとは逆方向に通過する。その後、信号光および励起光は、サーキュレータ 51 の第 3 のポートを通り、本モジュールから出力される。

【0018】

また、図 5 に示す遠隔励起モジュール 50R において、信号光と逆方向からモジュールに達した励起光は、分波器 55 で信号光と分波され、その分波された励起光が、EDF・56 に隣接した合波器 57 に入力される。また、信号光はサーキュレータ 58 の第 2 ポートを経て合波器 57 において上述した励起光と合波される。そして、合波器 57 から出力された信号光および励起光は、EDF・56 に入射され、EDF・56 を通過後、ミラー 59 で反射され、再び EDF・56 を先ほどとは逆方向に通過する。その後、サーキュレータ 58 の第 3 ポートを経て、分波器 55 を介して本モジュールから出力される。

上記の遠隔励起モジュール 50F および 50R の構成によれば、前述した第 1 の実施形態に比べ、少ない部品数でモジュールを構成できる。また、第 1 の実施形態と同等以上の高い励起効率を得ることができる。

【0019】

次に、この発明の第 3 の実施形態について説明する。

この第 3 の実施形態のシステム構成も図 1 と同じであり、遠隔励起モジュール 27F、27R の構成が異なっている。図 6 は図 1 における伝送ファイバ 22、23 間に挿入される遠隔励起モジュール 70F の構成を示す図、図 7 は伝送ファイバ 23、24 間に挿入される遠隔励起モジュール 70R の構成を示す図である。

【0020】

図 6 に示す遠隔励起モジュール 70F が、第 2 の実施形態のモジュール 50F (図 4) と異なる点は、サーキュレータ 51 の前段に EDF・71 が設けられ、EDF・52 による増幅に先んじて信号光を増幅するようになっている点である。

また、図 7 に示す遠隔励起モジュール 70R が、第 2 の実施形態のモジュール 50R (図 5) と異なる点は、サーキュレータ 58 の前段に EDF・72 が設けられ、EDF・56 による増幅に先んじて信号光を増幅するようになっている点である。但し、この場合、EDF 72 の前に合波器 57 が設けられ、励起光はこの合波器 57 によって信号光に合波される。そして、合波された信号光および励起光が、EDF・72、56 へ出力され、ミラー 59 において反射され、サーキュレータ 58、分波器 55 を介してモジュールから出力される。

【0021】

前述したサーキュレータおよびミラーを用いた第 2 実施形態のいわゆるダブルパス型の EDF モジュールは、サーキュレータに隣接した EDF の信号光入力端と出力端が一致するため、モジュールの雑音指数が増加するという欠点がある。一方、本第 3 実施形態においては、EDF 71、72 が前段増幅により EDF 52、56 における雑音指数増加を抑圧する。その結果、この第 3 実施形態によれば、第 2 実施形態に比べより低い雑音指数を

得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】この発明の第1の実施形態による光ファイバ通信システムの構成を示すブロック図である。

【図2】同実施形態における遠隔励起モジュール27Fの構成を示すブロック図である。

【図3】同実施形態における遠隔励起モジュール27Rの構成を示すブロック図である。

【図4】この発明の第2の実施形態による光ファイバ通信システムにおける遠隔励起モジュール50Fの構成を示すブロック図である。

【図5】同実施形態における遠隔励起モジュール50Rの構成を示すブロック図である。

【図6】この発明の第3の実施形態による光ファイバ通信システムにおける遠隔励起モジュール70Fの構成を示すブロック図である。

【図7】同実施形態における遠隔励起モジュール70Rの構成を示すブロック図である。

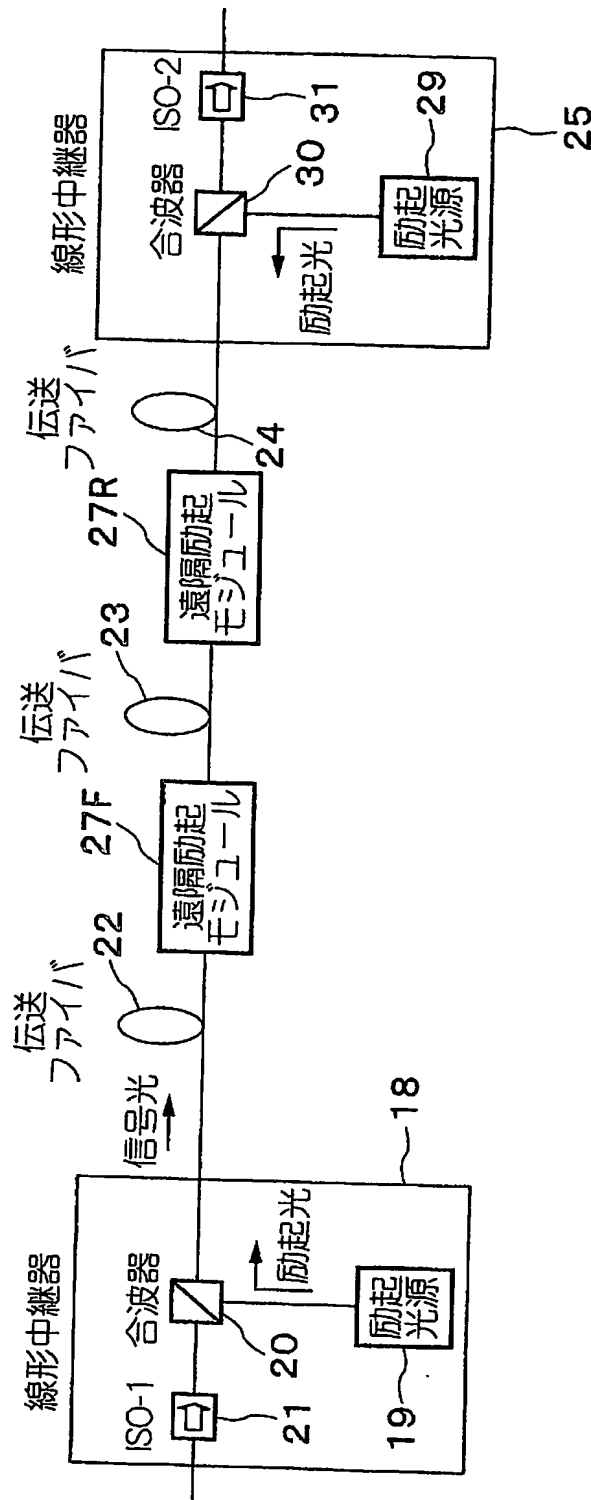
【図8】従来の光ファイバ通信システムの構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

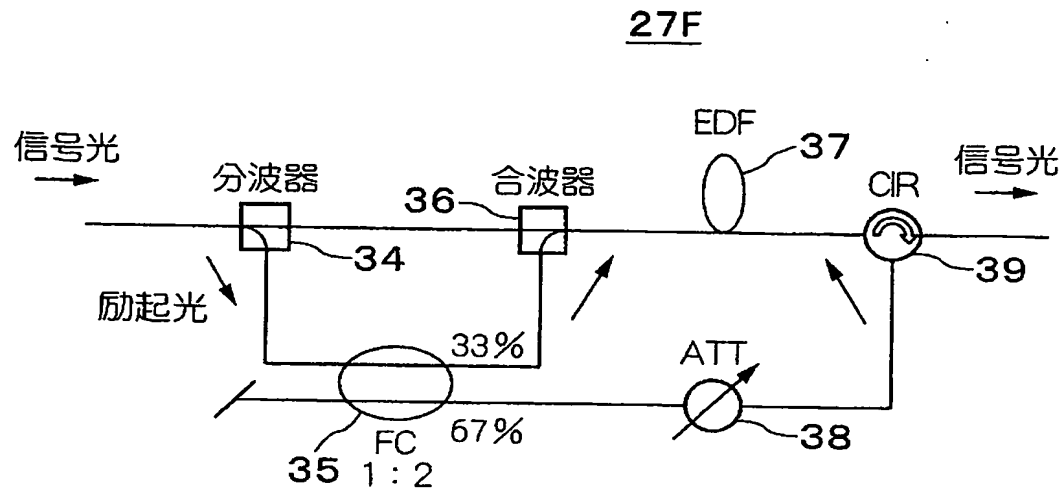
【0023】

- 18、25…線形中継器
- 19、29…励起光源
- 20、30…合波器
- 22、23、24…伝送ファイバ
- 27F、27R、50F、50R、70F、70R…遠隔励起モジュール
- 34、41、55…分波器
- 35、42…分岐器
- 36、43、57…合波器
- 37、45、52、56、71、72…エルビウム添加ファイバ
- 38、46…減衰器
- 39、47、51、58…サーキュレータ
- 53、59…ミラー。

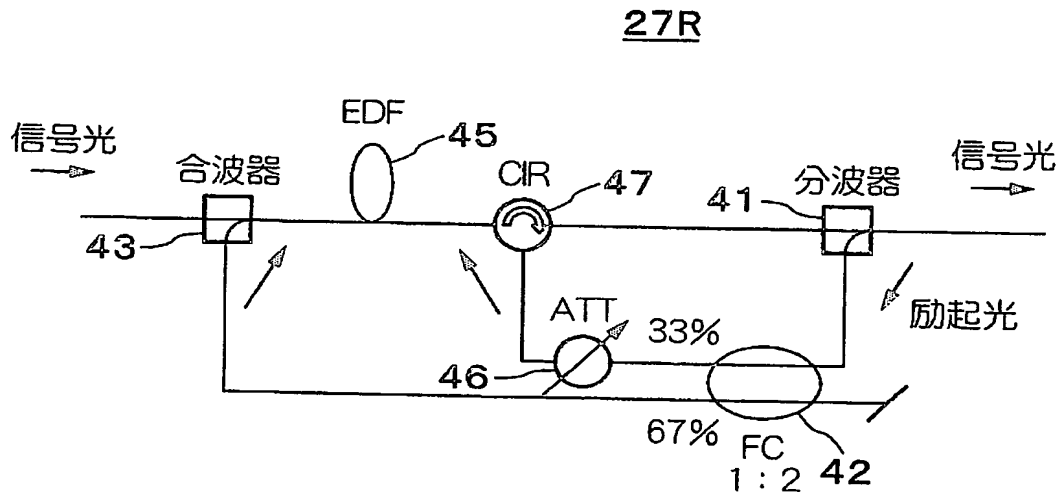
【書類名】 図面
【図 1】



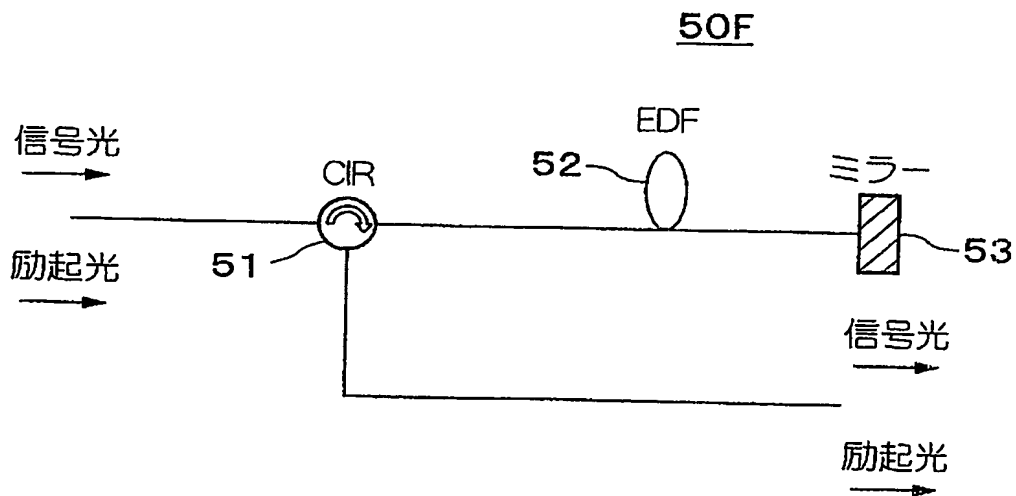
【図 2】



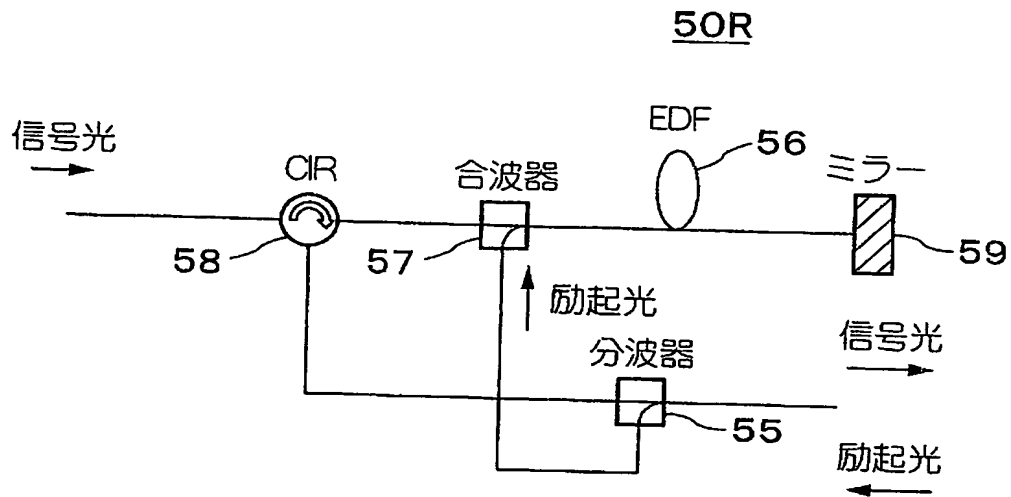
【図 3】



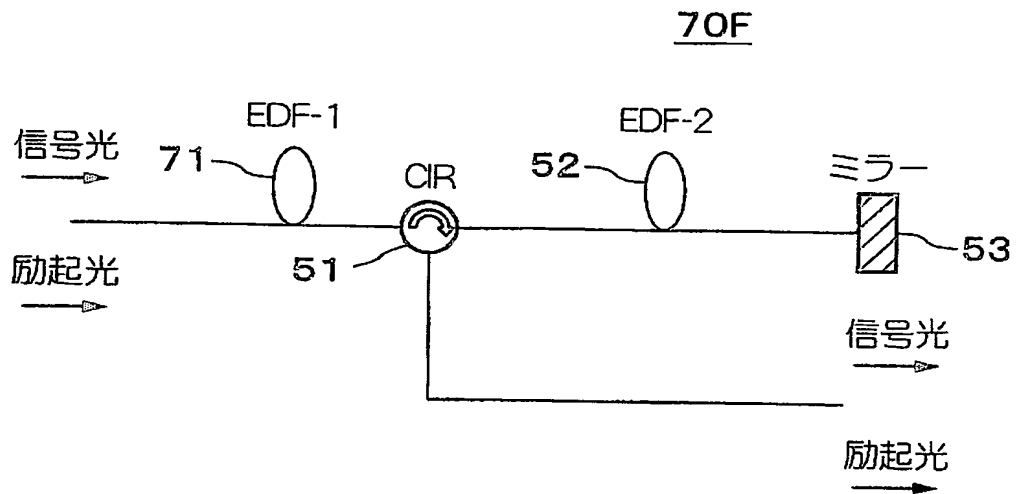
【図 4】



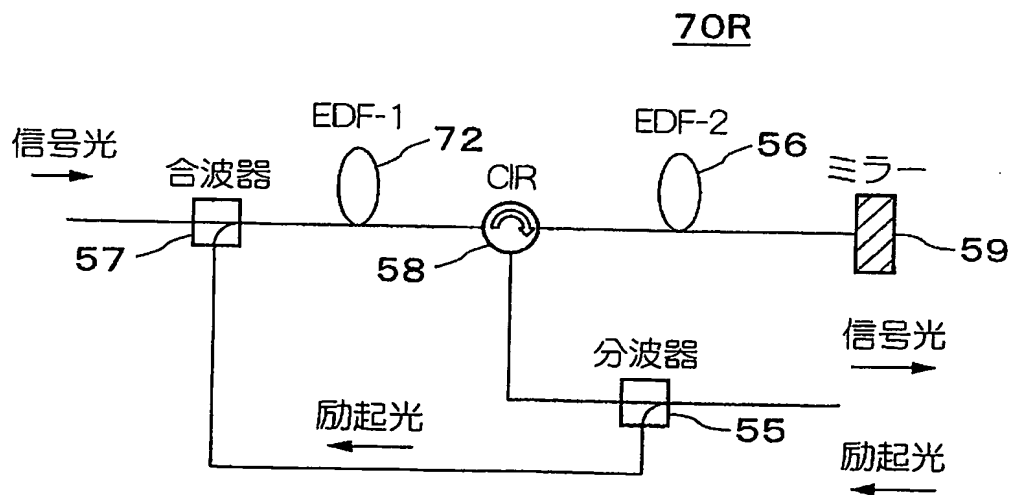
【図5】



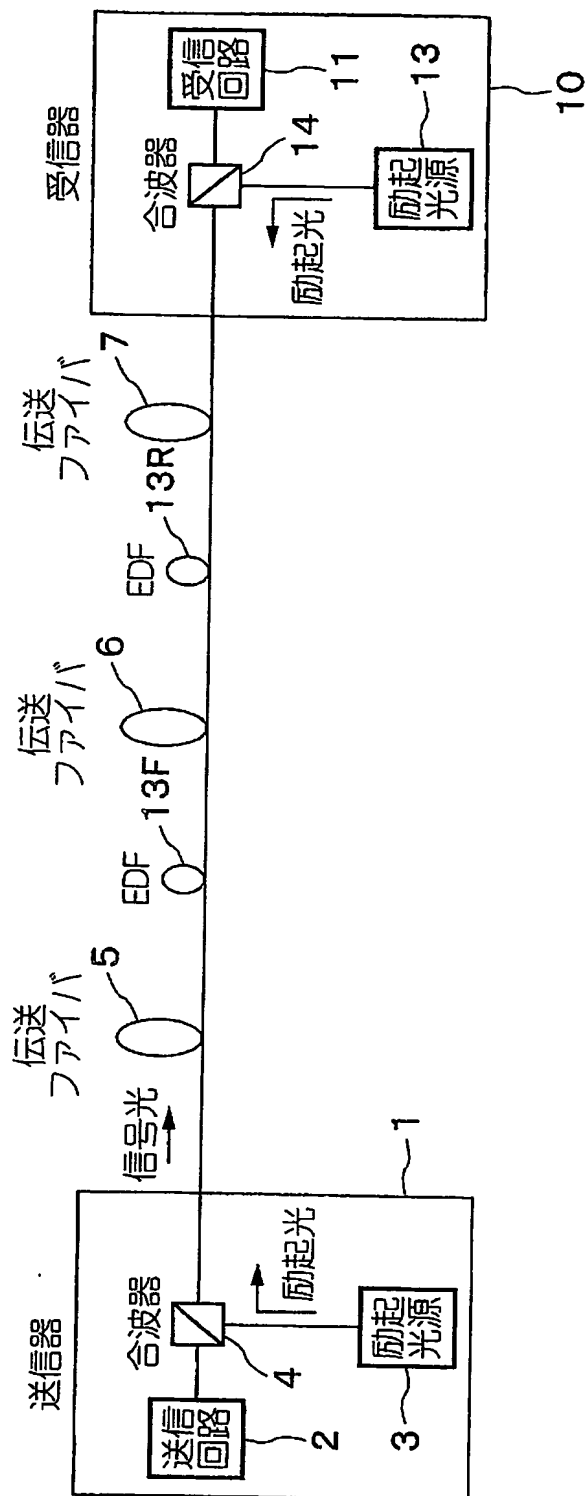
【図6】



【図7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 励起効率の向上および雑音指数の低減を図った光ファイバ通信システムを提供する。

【解決手段】 線形中継器 1 8 の合波器 2 0 は信号光と励起光源 1 9 からの励起光とを合波し出力する。出力された信号光および励起光は、伝送ファイバ 2 2 ～ 2 4 および遠隔励起モジュール 2 7 F、2 7 R を通して線形中継器 2 5 へ至る。線形中継器 2 5 の合波器 3 0 は励起光源 2 9 からの励起光と信号光を合波し伝送ファイバ 2 4 へ出力する。遠隔励起モジュール 2 7 F は、伝送ファイバ 2 2 中を伝播する励起光を信号光から分波し、分波した励起光を所望の比率で 2 分岐する。そして、分岐した励起光を各々、信号光と合波し、エルビウム添加ファイバの両端に加える。モジュール 2 7 R も同様に構成されている。

【選択図】 図 1

特願 2003-271157

ページ: 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏名

日本電信電話株式会社